

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-315241

(43)Date of publication of application : 08.11.1994

(51)Int.Cl.

H02K 7/08
F16C 17/10
H02K 5/167
H02K 7/14

(21)Application number : 05-102769

(71)Applicant : NIPPON DENSAN CORP

(22)Date of filing : 28.04.1993

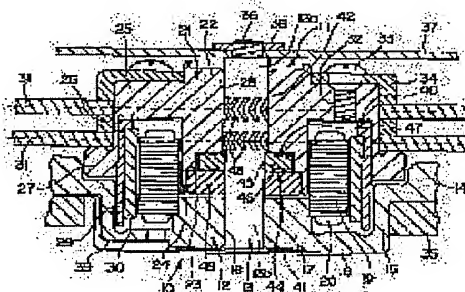
(72)Inventor : TAKASU SHUHEI
OKU YOSHITO

(54) MANUFACTURE OF SPINDLE MOTOR AND BEARING COMPONENT

(57)Abstract:

PURPOSE: To simplify the manufacturing process and to reduce cost by forming a groove at a dynamic pressure bearing part through press work and securing a bearing member through the use of press work.

CONSTITUTION: Electromagnetic interaction takes place between a stator coil 20 and a rotor magnet 30 to cause rotation of a rotary member 11. In this regard, herringbone grooves 47 are made on the upper and lower faces of a bearing disc member 46 and filled with lubricant in order to rotate a rotor hub 21 smoothly. The groove 47 is made by press work wherein a die for forming the grooves 47 in the upper and lower faces of the bearing member 46 is pressed while fitting the member 46 to the small diameter part 13b of central shaft part 13. The member 46 is partially bulged inward at the part fitted to the small diameter part 13b and secured rigidly thereto. This structure allows formation of the groove 47 by a simple process and allows simplification of assembling process.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-315241

(43)公開日 平成 6 年(1994)11月 8 日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	片内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 2 K 7/08		A 7103-5H		
F 1 6 C 17/10		A 8613-3 J		
H 0 2 K 5/167		B 7254-5H		
7/14		C 7103-5H		

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 6 頁)

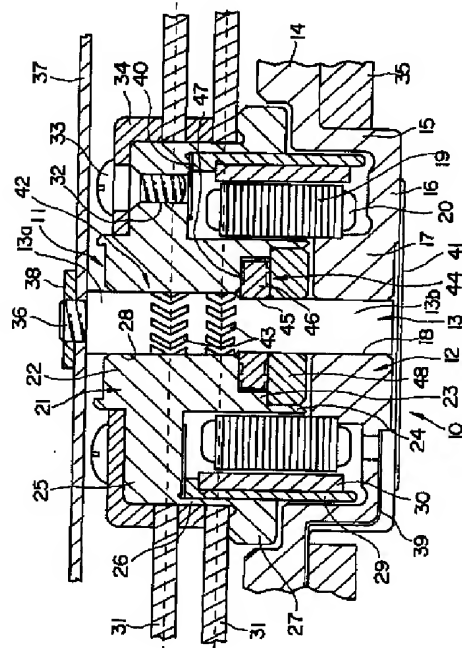
(21)出願番号	特願平5-102769	(71)出願人	000232302 日本電産株式会社 京都市右京区西京極堤外町10番地
(22)出願日	平成 5 年(1993) 4 月28日	(72)発明者	高巢 周平 京都府京都市右京区西京極堤外町10 日本 電産株式会社中央研究所
		(72)発明者	奥 義人 京都府京都市右京区西京極堤外町10 日本 電産株式会社中央研究所
		(74)代理人	弁理士 八木 秀人 (外 3 名)

(54)【発明の名称】 スピンドルモータおよび軸受け用部品の製造方法

(57)【要約】

【目的】 簡単な工程で安価に製造できるスピンドルモータの提供。

【構成】 モータは、励磁状態で電流磁界を発生するステータコイル20を備えたブラケット12と、コイルの電流磁界との電磁相互作用により回転力を得るロータマグネット30を備えたロータハブ21とを有している。大径部13aの外周面と貫通孔28との摺接部に、潤滑剤を充填したラジアル動圧軸受け部42が設けられている。スラスト方向の動圧軸受け部44は、小径部13bの上端に、透孔45が形成された円盤状軸受け部材46を固着し、軸受け部材46の上下面にそれぞれ凹状溝47を形成し、軸受け部材46の外周縁が段部23の内周面から離間するようにし、軸受け部材46の下方に、スラスト板48を配置し、潤滑剤を充填することにより構成している。凹状溝47は、軸受け部材46を小径部23bに嵌着した状態で、プレス加工によって形成される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 励磁状態で電流磁界を発生するステータコイルを備えた静止部材と、前記ステータコイルの電流磁界との電磁相互作用により回転力を得るロータマグネットを備えた回転部材と、前記静止部材と回転部材との間に設けられた動圧軸受け部とを有するスピンドルモータにおいて、

前記動圧軸受け部は、前記静止部材側に設けられた円盤状軸受け部材に形成された凹状溝を有し、

前記円盤状軸受け部材は、前記凹状溝がプレス加工により形成されることを特徴とするスピンドルモータ。

【請求項2】 前記円盤状軸受け部材は、前記軸部と別体に形成され、前記軸部に嵌着した状態でその面上に前記凹上溝がプレス加工により形成されることを特徴とする請求項1記載のスピンドルモータ。

【請求項3】 前記円盤状軸受け部材は、前記凹状溝が形成される面に対応して、その外周縁に凹状の切欠部が設けられていることを特徴とする請求項1または2記載のスピンドルモータ。

【請求項4】 前記円盤状軸受け部材は、前記凹状溝を形成する面が、半径方向内方に向けて、軸線方向内方に傾斜したテーパ面に形成されていることを特徴とする請求項1ないし3のいずれか1記載のスピンドルモータ。

【請求項5】 前記円盤状軸受け部材は、前記凹状溝を形成する面が、当該凹状溝の形成中心から半径方向内外方に向けて、軸線方向外方に傾斜した面に形成されていることを特徴とする請求項1ないし3のいずれか1記載のスピンドルモータ。

【請求項6】 円筒状の軸部と、この軸部から半径方向外方に突出する円盤状軸受け部とを有する静止部材を形成する工程と、前記円盤状軸受け部の少なくとも片面にプレス加工を施してスラスト軸受け用の凹状溝を形成する工程とを含むことを特徴とする軸受け用部品の製造方法。

【請求項7】 前記円盤状軸受け部材にプレス加工を施して、その両面に同時に前記凹状溝を形成することを特徴とする請求項6記載の軸受け用部品の製造方法。

【請求項8】 前記静止部材を形成する工程と前記凹状溝を形成する工程との間に、前記円盤状軸受け部の前記凹状溝が形成される面の外周縁に凹状の切欠部を形成する工程を設けることを特徴とする請求項6または7記載の軸受け用部品の製造方法。

【請求項9】 前記静止部材を形成する工程と前記凹状溝を形成する工程との間に、前記円盤状軸受け部の前記凹状溝が形成される面を半径方向内方に向けて、軸線方向内方に傾斜したテーパ面に形成する工程を設けることを特徴とする請求項6または7記載の軸受け用部品の製造方法。

【請求項10】 前記静止部材を形成する工程と前記凹

状溝を形成する工程との間に、前記円盤状軸受け部の前記凹状溝が形成される面を当該凹状溝の形成中心から半径方向内外方に向けて、軸線方向外方に傾斜した面に形成する工程を設けることを特徴とする請求項6または7記載の軸受け用部品の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、スピンドルモータおよび軸受け用部品の製造方法に関し、特に、動圧軸受け構造を採用したスピンドルモータおよび同軸受け構造部品の製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】磁気ディスク装置の回転駆動用のモータとして、従来から、ブラシレス多相直流モータが用いられている。この種のモータはスピンドルモータとも呼ばれ、基本的な構成として、励磁状態において電流磁界を発生するステータコイルを備えたステータと、このステータコイルの電流磁界との電磁相互作用により回転力を得るロータマグネットを備えたロータとを有している。

【0003】このような構造のスピンドルモータでは、近時、磁気ディスク装置の小型化に伴って、モータも小型化が強く要請されており、この要請に応える技術として、ステータとロータとの間に設けられる軸受け構造において、動圧軸受けを採用することが検討されている。この動圧軸受けは、例えば、特開平3-60355号公報にその一例が開示されているように、ロータとステータとの周方向の摺接面に、ヘリングボーン状の溝を刻設し、ロータが回転することにより、溝部分に充填されている潤滑剤の圧力を高め、この圧力上昇により、ロータとステータとの間を離間させ、ラジアル方向の軸受け部として機能させる。

【0004】また、スラスト方向の動圧軸受け部としては、ロータの回転軸の端面側にスパイラル状の溝を設け、回転軸の回転に伴うポンピング作用により、この部分の圧力を高め、上昇した圧力により軸を浮上させるものである。しかしながら、このようなスピンドルモータの動圧軸受け部には、以下に説明する技術的課題があった。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】すなわち、上述したスピンドルモータの動圧軸受け部では、ヘリングボーン状ないしはスパイラル状の溝を刻設することになるが、この溝の形成は、通常、化学的なエッチングにより行っていたので、製作工程が複雑になり、製造コストが上昇するという問題があった。

【0006】本発明は、このような問題点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、簡単な工程により、安価に製造することができるスピンドルモータおよび軸受け部品の製造方法を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、第1の発明は、励磁状態で電流磁界を発生するステータコイルを備えた静止部材と、前記ステータコイルの電流磁界との電磁相互作用により回転力を得るロータマグネットを備えた回転部材と、前記静止部材と回転部材との間に設けられた動圧軸受け部とを有するスピンドルモータにおいて、前記動圧軸受け部は、前記静止部材側に設けられた円盤状軸受け部材に形成された凹状溝を有し、前記円盤状軸受け部材は、その面上に前記凹状溝がプレス加工により形成されることを特徴とする。

【0008】前記円盤状軸受け部材は、前記凹状溝が形成される面に対応して、その外周縁に凹状の切欠部を設けることができる。また、前記円盤状軸受け部材は、前記凹状溝を形成する面が、半径方向内方に向けて、軸線方向内方に傾斜したテーパ面に形成することができる。さらに、前記円盤状軸受け部材は、前記凹状溝を形成する面が、当該凹状溝の形成中心から半径方向内外方向に向けて、軸線方向外方に傾斜したテーパ面に形成することができる。

【0009】また、第2の発明は、軸受け用部品の製造方法として、円筒状の軸部と、この軸部から半径方向外方に突出する円盤状軸受け部とを有する静止部材を形成する工程と、前記円盤状軸受け部の少なくとも片面にプレス加工を施してスラスト軸受け用の凹状溝を形成する工程とを含むことを特徴とする。前記軸受け用部品の製造方法では、前記円盤状軸受け部材にプレス加工を施して、その両面に同時に前記凹状溝を形成することができる。また、前記静止部材を形成する工程と前記凹状溝を形成する工程との間に、前記円盤状軸受け部の前記凹状溝が形成される面の外周縁に凹状の切欠部を形成する工程を設けることができる。

【0010】さらに、前記静止部材を形成する工程と前記凹状溝を形成する工程との間に、前記円盤状軸受け部の前記凹状溝が形成される面を半径方向内方に向けて、軸線方向内方に傾斜したテーパ面に形成する工程を設けることができる。さらにまた、前記静止部材を形成する工程と前記凹状溝を形成する工程との間に、前記円盤状軸受け部の前記凹状溝が形成される面を当該凹状溝の形成中心から半径方向内外方向に向けて、軸線方向外方に傾斜した面に形成する工程を設けることができる。

【0011】

【作用】上記構成のスピンドルモータによれば、動圧軸受け部は、静止部材側に設けられた円盤状軸受け部材に形成された凹状溝を有し、円盤状軸受け部材は、その面上に前記凹状溝がプレス加工により形成されるので、この凹状溝を容易に形成することができ、スピンドルモータを安価に提供することができる。また、請求項2の構成によれば、円盤状軸受け部材と軸部とを別体に形成し、円盤状軸受け部材を軸部に嵌着した状態で、プレス加工を施すので、凹状溝をプレス成形する際に、円盤状

軸受け部材の軸部に嵌着された個所が、凹状溝の形成に伴って、部分的に内方に膨出変形し、この膨出変形により、円盤状軸受け部材が軸部に固設される。

【0012】また、請求項3の構成によれば、円盤状軸受け部材は、凹状溝が形成される面に対応して、その外周縁に凹状の切欠部が設けられているので、この切欠部が潤滑剤の溜部となるとともに、凹状溝をプレス成形する際の、軸受け部材の外周縁側の膨出変形が、切欠部の形成部分でのみ発生し、軸受け部材の外周縁の有害な変形が防止される。

【0013】さらに、請求項4または5の構成によれば、円盤状軸受け部材は、凹状溝を形成する面が、半径方向内方に向けて、軸線方向内方に傾斜したテーパ面、もしくは、当該凹状溝の形成中心から半径方向内外方向に向けて、軸線方向外方に傾斜した面に形成されているので、凹状溝をプレス成形する際の、軸受け部材の面方向の膨出変形が、これらのテーパ面で吸収され、軸受け部材の有害な面変形が防止される。

【0014】

【実施例】以下本発明の好適な実施例について添付図面を参照して詳細に説明する。図1から図3は、本発明にかかるスピンドルモータの第1実施例を示している。同図に示すスピンドルモータは、シャフト固定型の直流モータであって、断面が概略凸形に形成された静止部材（ステータ）10と、断面が略ハット状に形成された回転部材（ロータ）11とを有している。

【0015】静止部材10は、ブラケット12と中心軸部13とから構成されている。ブラケット12は、外周に設けられたリング状のフランジ部14と、このフランジ部14の内側に位置する外周壁部15と、外周壁部15の内方に形成された環状の底部16と、底部16の内周側に設けられた円筒状の内周壁部17とを有している。

【0016】ブラケット12の内周壁部17の中心には、上下に貫通する円形断面の孔部18が形成されている。中心軸部13は、上方に設けられた大径部13aと、下方に設けられた小径部13bとを有し、孔部18内には、中心軸部13の小径部13の下端側が嵌着固定されている。また、内周壁部17の外周には、環状の積層体からなるステータコア19が固着され、ステータコア19には、ステータコイル20が捲回されている。

【0017】回転部材11は、従来別部品で構成されていたスリーブを一体化したロータハブ21を有している。ロータハブ21は、環状の基部22と、基部22の下端外周縁に突設され、内周面に段部23が形成された中空筒部24と、基部22の外周に形成された環状壁部25と、環状壁部25の外周に垂設された環状外壁部26と、環状外壁部26の下端外周に周設された環状張出部27とを有している。

【0018】また、基部22の中心には、これを上下方

向に貫通する貫通孔28が形成され、この貫通孔28内には、前記中心軸部13の大径部13aが挿通されている。そして、ロータハブ21の環状外壁部26の内周面には、環状のロータヨーク29が、全高の略半分を下方に突出するようにして固設されており、ロータヨーク29の内周面には、ステータコア19に対向するようにしてロータマグネット30が固設されている。

【0019】ロータハブ21の環状外壁部26の外周には、円盤状の磁気ディスク31が上下方向に所定の間隔をおいて嵌着され、磁気ディスク31は、環状壁部25に穿設されたネジ孔32にビス33を螺着することにより装着される取付金具34により固定されている。また、ブラケット12は、磁気ディスク装置側の取付ベース35に接着固定されるとともに、中心軸部13は、その先端に形成された雄ネジ36に磁気ディスク装置側のカバー37を挿入し、ナット38を螺着することにより固定される。

【0020】なお、図1中において符号39で示した部材は、ステータコイル20に直流電流を供給するフレキシブルプリント基板であり、また、同40は、ネジ孔32を閉塞するシール部材、同41は、防塵カバーである。以上のように構成されたスピンドルモータでは、中心軸部13の大径部13aの外周面とロータハブ21の貫通孔28の内周面とが摺接する部分が、潤滑剤を充填したラジアル動圧軸受け部42となるので、大径部13aの外周面にヘリングボーン状溝43が形成されている。

【0021】この実施例では、ヘリングボーン状溝43は、上下方向に所定の間隔をおいて2箇所形成されていて、各ヘリングボーン状溝43の中心は、図1に破線で示すように、環状外壁部25に装着される磁気ディスク31の厚み方向の中心軸と一致するように形成されている。また、スラスト方向の動圧軸受け部44は、中心軸部13の小径部13bの上端に中心に透孔45が形成された円盤状軸受け部材46を固着し、この円盤状軸受け部材46の上下面にそれぞれヘリングボーン状の凹状溝47を形成し、円盤状軸受け部材46の外周縁が段部23の内周面から僅かな間隔をおいて離間するようにし、軸受け部材46の下方に、段部23に固着されたスラスト板48を配置し、潤滑剤を充填することにより構成している。

【0022】図2は、円盤状軸受け部材46に形成される凹状溝47の詳細を示している。凹状溝47は、図2には現れていないが、軸受け部材46の下面側にも形成されており、略く字形に屈曲した形状を有し、軸受け部材46の内外周円に沿った円周上にあって、周方向に所定の間隔をおいて複数形成されている。各凹状溝47の中心を結ぶ仮想円cは、軸受け部材46の幅方向の中心にほぼ位置している。このような凹状溝47は、本実施例では以下のようにして形成される。すなわち、凹状溝

47は、円盤状軸受け部材46を中心軸部13の小径部13bに嵌着した状態で、軸受け部材46の上下面に凹状溝が形成されるような型を押圧するプレス加工によって形成される。

【0023】このようにして、凹状溝47をプレス加工により形成すると、凹状溝47をプレス成形する際に、円盤状軸受け部材46の中心軸部13の小径部13bに嵌着された箇所、すなわち、図3においてaで示す上下2箇所が、凹状溝47の形成に伴って、部分的に内方に膨出変形し、この膨出変形により、円盤状軸受け部材46が小径部13bに強固に固設される。

【0024】さて、以上のように構成されたスピンドルモータでは、フレキシブルプリント基板39を介してステータコイル20に所定の直流電流を供給すると、ステータコイル20により電流磁界が発生し、この電流磁界とロータマグネット30との間に電磁相互作用が発生し、この作用力により回転部材11が回転する。このとき、ロータハブ21の貫通孔28の内周面と中心軸部13の大径部13aの外周面との間には、ラジアル動圧軸受け部42が設けられ、また、円盤状軸受け部材46の上面とロータハブ21の基部22の下端面との間、および、円盤状軸受け部材46の下面とスラスト板48の上面との間にスラスト動圧軸受け部44がそれぞれ設けられているので、ロータハブ21を円滑に回転させることができる。

【0025】この場合、本実施例のスピンドルモータでは、特に、円盤状軸受け部材46に形成される凹状溝47がプレス加工により形成され、しかも、プレス加工時の放出変形により軸受け部材46を中心軸部13に固設するので、簡単な工程により凹状溝47を形成することができるとともに、組み立て工程も簡略化することが可能になる。

【0026】なお、図示の例では、凹状溝47の一端（内側端）は、軸受け部材46の内周縁近傍まで延び、それらの他端は、軸受け部材46の外周縁近傍まで延びているが、図4に示す通り、それらの他端を軸受け部材46の外周縁に到達するように延長形成することもできる。かく形成した場合には、軸受け部材46の外周面とハブ21の段部23の内周面との間に存在する潤滑剤が凹状溝47に流入し易くなる。

【0027】図5は、本発明にかかるスピンドルモータの第2実施例を示しており、以下にその特徴点についてのみ説明する。同図に示す実施例では、スラスト動圧軸受け部44の主構成部である円盤状軸受け部材46aには、ヘリングボーン状の凹状溝47が形成される面に対応させて、その外周縁に凹状の切欠部49が形成されている。

【0028】このように構成された円盤状軸受け部材46aは、上記実施例と同様に中心軸部13の小径部13bに嵌着した状態でプレス加工により凹状溝47が形成

され、上記第1実施例と同等の作用効果が得られる。このとき、凹状溝47と切欠部49とをプレス加工で同時に形成することもできるが、まず、第1のプレス加工で切欠部49を形成し、しかる後に、第2のプレス加工で凹状溝47を形成するのが望ましい。

【0029】本実施例の切欠部49は、動圧軸受け用の潤滑剤の溜部となるとともに、凹状溝47をプレス成形する際の、軸受け部材46aの外周縁側の膨出変形が、切欠部49の形成部分でのみ発生し、軸受け部材46aの外周縁の変形が切欠部49により吸収される。このため、軸受け部材46aをモータに組み込んだ際に、軸受け部材46aの外周縁と、段部23の内周面との間隔が異常に近接して、ロータハブ21の円滑な回転が阻害されることを防止することができる。

【0030】図6は、本発明にかかるスピンドルモータの第3実施例を示しており、以下にその特徴点についてのみ説明する。同図に示す実施例では、スラスト動圧軸受け部44の主構成部である円盤状軸受け部材46bには、その上下面に、中心側（半径方向内方）に向かって、軸線方向内方に傾斜するテーパ面50が形成されている。

【0031】このように構成された円盤状軸受け部材46bは、上記実施例と同様に中心軸部13の小径部13bに嵌着した状態でプレス加工により凹状溝47が形成され、上記第1実施例と同等の作用効果が得られる。このとき、テーパ面50は、動圧軸受け用の潤滑剤の溜部となるとともに、凹状溝47をプレス成形する際の、軸受け部材46bの上下面側の膨出変形が、予め厚みを薄くしているテーパ面50の部分で発生し、軸受け部材46bの上下面の変形がテーパ面50で吸収される。

【0032】このため、軸受け部材46bをモータに組み込んだ際に、軸受け部材46bの上下面と、基部22の下端面およびスラスト板48の上面との間隔が異常に近接して、ロータハブ21の円滑な回転が阻害されることを防止することができる。図7は、本発明にかかるスピンドルモータの第4実施例を示しており、以下にその特徴点についてのみ説明する。同図に示す実施例では、スラスト動圧軸受け部44の主構成部である円盤状軸受け部材46cには、その上下面に、凹状溝47の中心を結ぶ仮想円cを中心として、半径方向内外方向に向かって、軸線方向外方に傾斜するテーパ面51、52が形成されている。

【0033】このように構成された円盤状軸受け部材46cは、上記実施例と同様に中心軸部13の小径部13bに嵌着した状態でプレス加工により凹状溝47が形成され、上記第1実施例と同等の作用効果が得られる。このとき、テーパ面51、52は、動圧軸受け用の潤滑剤の溜部となるとともに、凹状溝47をプレス成形する際の、軸受け部材46cの上下面側の膨出変形が、予め厚みを薄くしているテーパ面51、2の部分で発生し、軸

受け部材46cの上下面の変形がテーパ面50で吸収される。

【0034】このため、軸受け部材46cをモータに組み込んだ際に、図5に示した第3実施例と同様に、軸受け部材46cの上下面と、基部22の下端面およびスラスト板48の上面との間隔が異常に近接して、ロータハブ21の円滑な回転が阻害されることを防止することができる。なお、上記実施例では、軸受け部材46と中心軸部13とを別体に形成した場合を例示したが、凹状溝47を形成するためのプレス加工は、中心軸部13と軸受け部材46を一体に形成したものにも適用することができる、このときにもプレス加工によって凹状溝47を所望の通りに形成することができる。また、上記実施例では、ラジアル動圧軸受け部42のヘリングボーン溝43を中心軸部13の外周面に形成したものを例示したが、この溝43は基部22の貫通孔28の内周面に形成してもよい。

【0035】さらに、中心軸部13を貫通孔28に固着し、中心軸部13の小径部13bの外周面とブラケット12の孔部18の内周面との間にラジアル動圧軸受け部を設け、軸回転型のスピンドルモータとした場合にも本発明を適用することができる。また、実施例では、軸受け部材46の両面に凹状溝47を設けているが、少なくともその片面に凹状溝47を設けることによってスラスト軸受けとして機能させることができる。

【0036】

【発明の効果】以上、実施例で詳細に説明したように、本発明にかかるスピンドルモータおよび軸受け用部品の製造方法によれば、動圧軸受け部の凹状溝がプレス加工により形成されるので、工程が簡単になり、しかも、この凹状溝のプレス加工を利用して軸受け部材の固設が行えるので、製造工程の簡略化とコストの低減とが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明にかかるスピンドルモータの第1実施例を示す断面図である。

【図2】図1の円盤状軸受け部材の斜視図である。

【図3】図2に示した軸受け部材を軸部に固着した状態の断面説明図である。

【図4】円盤状軸受け部材の変形例を示す斜視図である。

【図5】本発明にかかるスピンドルモータの第2実施例を示す要部断面図である。

【図6】本発明にかかるスピンドルモータの第3実施例を示す要部断面図である。

【図7】本発明にかかるスピンドルモータの第4実施例を示す要部断面図である。

【符号の説明】

10 静止部材

11 回転部材

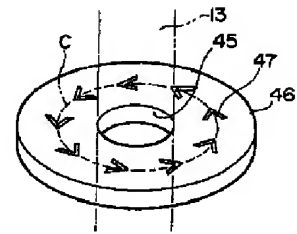
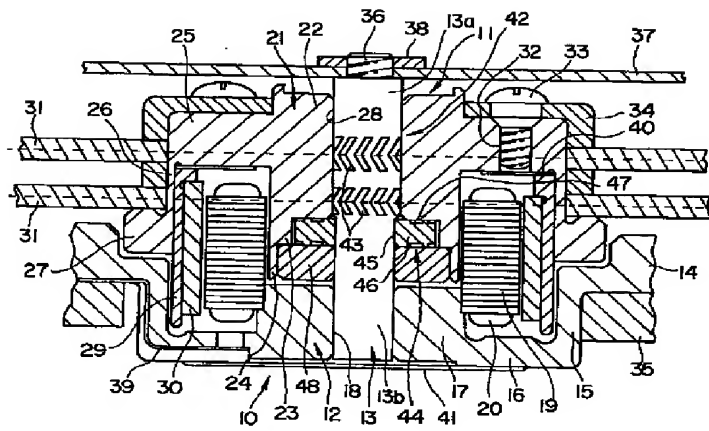
- 12 ブラケット
 13 中心軸部
 13a 大径部
 13b 小径部
 19 ステータコア
 20 ステータコイル
 21 ロータハブ
 29 ロータヨーク
 30 ロータマグネット

- * 31 磁気ディスク
 42 ラジアル動圧軸受け部
 43 ヘリングボーン状溝
 44 スラスト動圧軸受け部
 46 円盤状軸受け部材
 47 凹状溝
 49 切欠部
 50 テーパー面

*

【図1】

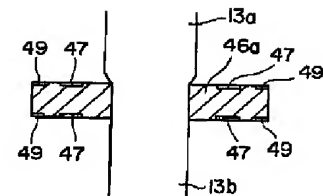
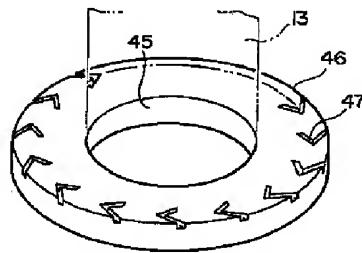
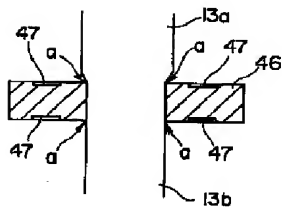
【図2】



【図3】

【図4】

【図5】



【図6】

【図7】

